



水素精製・貯蔵用水素吸蔵合金容器のガス流動および熱特性改良に向けた構造最適化

著者	藤澤 彰利
発行年	2015
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7313号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00125977

氏 名 (本籍)	藤澤 彰利			
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	博 甲 第 7313 号			
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	水素精製・貯蔵用水素吸蔵合金容器のガス流動および熱特性改良に向けた構造最適化			
主 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	石田 政義	
副 査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	藤野 貴康	
副 査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	岡島 敬一	
副 査	筑波大学 助教	博士 (学術)	花田 信子	
副 査	筑波大学 助教	博士 (工学)	中山 知紀	
副 査	産業技術総合研究所 主任研究員	博士 (工学)	前田 哲彦	

論 文 の 要 旨

CO選択吸着剤と水素吸蔵合金を用いた負荷変動対応型純水素精製・貯蔵プロセスである COA-MIB システムにおいて、特に分散型発電システムとしては系統と連系しない完全自立型の災害対応も可能な発電装置として期待される。加圧改質ガスを原料とした水素製造量 $1.7 \text{ Nm}^3/\text{h}$ のベンチスケール実証試験により、プロセス成立性が示されていた。一方、MH 容器の最適化については十分になされておらず、容器サイズ、水素精製時の圧力損失の発生に課題を残していた。さらに、水素放出時における所要熱量についての検討はなされていなかった。本研究では、MH 容器のガス流動・熱特性改良に向けた構造を最適化することを目的とする。

MH を用いた水素精製におけるガス流動の評価手法として、水素回収率が悪化する MH 充填層のショートパスの発生が、その通気抵抗により装置定数に依らない形で判定できることを見出した。また、異なる内径の MH 容器を用いた水素精製実験により最適な MH 充填層の内径を設定した。さらに圧力損失を予測するための基礎データとして、通気抵抗と水素吸蔵量の関係を実験的に求めた。MH 充填層の最適設計を行うツールとして、MH による水素精製法のシミュレーションモデルを構築し、水素回収率・圧力損失が実用レベルで予測できることを示した。本モデルを用いてベンチスケール用の MH 充填層の性能確認を実施、ラボスケールと同等の性能が得られると予測した。さらに、MH 充填層への伝熱方式が異なる 3 種類の構造の MH 容器による水素精製実験を行い、Shell 側温冷水、Tube 側 MH の構造において設計した MH 容器が圧力損失・水素回収率共に良好であることを実証した。

水素放出時の所要熱量の試算により、MH 容器の熱容量低減のために容器重量の低減が必要であることを示し、これを考慮した MH 容器の再設計を行った。従来型容器と比較して、容器体積を 63%、

容器重量を 66%削減しながらも水素精製性能が維持されることを実験により確認した。加えて、水素放出時の所要熱量を算出し、純水素型燃料電池の排熱を利用した水素放出が可能であることを示した。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、水素吸蔵合金（MH）を用いて水素精製とバッファの機能を持たせる新規の方法について、特に MH 容器内でのガス流動と熱特性を実験および解析的に把握し、性能向上に資する容器構造最適化を進めたものである。ガス流動に関しては、精製・回収効率を低下させるショートパス生成を圧損との関係で明らかにするとともに、通気抵抗を水素吸蔵量の関数として表した。また、MH による水素精製を有限体積法によるシミュレーション手法を確立し、プロセス設計において有効なツールを提供した。さらに容器構造として、加熱・冷却の最適化を行い、最も安定かつ高い効率および処理能力の条件を見いだした。以上の成果を統合した上で、実機レベルでの試験検証により十分な実用性のあるプロセスを構築した。

独自提案の新手法に関して、これまで扱われてこなかった現象を実験と解析の両面から解明し、それらの結果として能力的かつ経済的に実用レベルのプロセスに仕上げた功績には大きな意義が認められる。技術開発のみならず学術上での発展にも寄与し、水素社会実現に向けた新技術として国際的にも注目を集めると同時に、化学工学会を始め国内外の関連学会においても高い評価を得ている。関係する範囲を包括的に網羅した高密度の内容で、極めて優れた論文であると評価できる。

【最終試験の結果】

平成 27 年 2 月 9 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。